

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-207088

(43) 公開日 平成5年 (1993) 8月13日

(51) Int. Cl.⁵

H04L 27/22
27/38

識別記号 庁内整理番号 FI

Z 9297-5K

技術表示箇所

9297-5K

H04L 27/00

G

審査請求 未請求 請求項の数10 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平4-267522

(22) 出願日 平成4年 (1992) 10月6日

(31) 優先権主張番号 特願平3-259167

(32) 優先日 平3 (1991) 10月7日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 田野 哲

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 斉藤 洋一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本
電信電話株式会社内

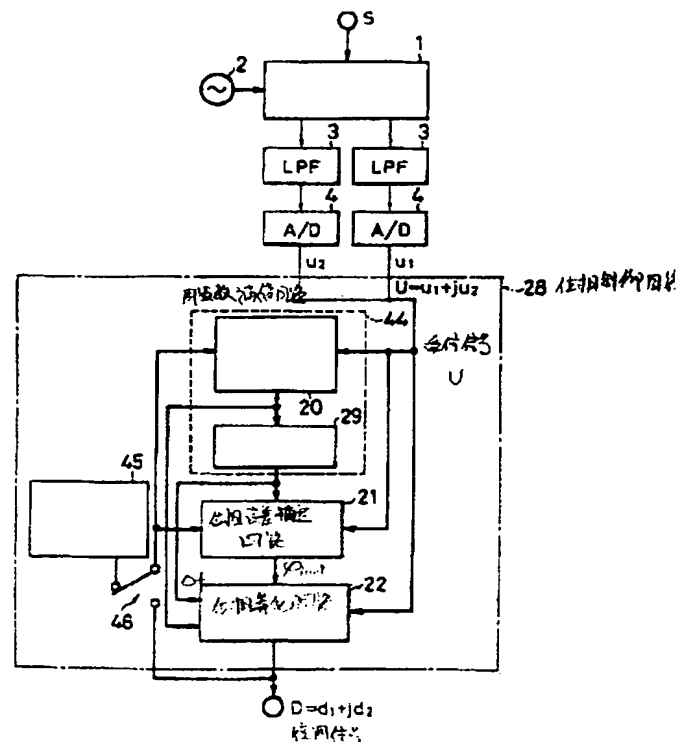
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外1名)

(54) 【発明の名称】 適応位相制御付き復調方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 準同期検波方式で逐次復調を行なう際に初期位相誤差及び周波数誤差 (オフセット) により生じる検波位相誤差の時間的変動を高速に推定予測して、正しい復調信号を得る。

【構成】 受信した複素入力信号 U に複素重み付けを行ない、所望信号との差の二乗平均値を最小にする位相制御回路 28 でウィナーフィルタを構成し、このウィナーフィルタにおいて、複素入力信号 U と復調信号 D の相互相関値のシンボル間の変動に基づいて周波数誤差推定を周波数補償回路 44 で行ない、その情報に基づいて位相誤差推定回路 21 にて初期位相誤差推定をし、位相等化回路 22 において周波数誤差による位相変動を考慮して位相等化することで周波数オフセットによる定常位相誤差を完全に除去し、正しい復調信号 D を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複素変調入力信号から複素復調信号を得るための適応位相制御付き復調方法であって、

(a) 複素変調入力信号の周波数誤差を、現シンボルと前シンボルについての複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号とに基づく周波数誤差による一シンボル間の位相変動を使って推定する段階と、

(b) 複素変調入力信号の初期位相誤差を、複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号と、(a) で推定した周波数誤差とに基づいて推定する段階と、

(c) (a) で推定した周波数誤差と、(b) で推定した初期位相誤差に基づいて決められた最適位相補償を複素変調入力信号に施すことによって複素復調信号を求める段階と、

から成ることを特徴とする復調方法。

【請求項2】 請求項1記載の復調方法において、(a) では周波数誤差を、現シンボルと前シンボルの相互相関値の複素乗算として求められる周波数誤差による一シンボル間の位相変動を使って推定し、各相互相関値は複素変調入力信号と複素復調信号の複素乗算として求められることを特徴とする復調方法。

【請求項3】 請求項1記載の復調方法において、(a) は更に、

(d) 現シンボルと前シンボルについての周波数誤差による一シンボル間の位相変動を複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号とを使って推定する段階と、

(e) 周波数誤差による位相補償量を、(d) で推定した位相変動の累乗を計算して推定する段階と、

から成ることを特徴とする復調方法。

【請求項4】 請求項1記載の復調方法において、(b) では初期位相誤差を、複素変調入力信号と複素復調信号の複素乗算として求められた相互相関値と、加算用複素乗算値との複素加算値として推定し、該加算用複素乗算値は(a) で推定された現シンボルの周波数誤差を忘却係数で重み付けしたものと、前シンボルについての該複素加算値とを複素乗算して求められたものであることを特徴とする復調方法。

【請求項5】 請求項1記載の復調方法において、(a) では周波数誤差を極座標を使って推定し、推定された周波数誤差を直交座標を使って出力することを特徴とする復調方法。

【請求項6】 複素変調入力信号から複素復調信号を得るための適応位相制御付き復調装置であって、

(a) 複素変調入力信号の周波数誤差を、現シンボルと前シンボルについての複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号とに基づく周波数誤差による一シンボル間の位相変動を使って推定する手段と、

(b) 複素変調入力信号の初期位相誤差を、複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号と、(a) で推定した周波数誤差とに基づいて推定する手段と、

(c) (a) で推定した周波数誤差と、(b) で推定した初期位相誤差に基づいて決められた最適位相補償を複素変調入力信号に施すことによって複素復調信号を求める手段と、

を具備することを特徴とする復調装置。

【請求項7】 請求項6記載の復調装置において、(a) は周波数誤差を、現シンボルと前シンボルの相互相関値の複素乗算として求められる周波数誤差による一シンボル間の位相変動を使って推定し、各相互相関値は複素変調入力信号と複素復調信号の複素乗算として求められることを特徴とする復調装置。

【請求項8】 請求項6記載の復調装置において、(a) は更に、

(d) 現シンボルと前シンボルについての周波数誤差による一シンボル間の位相変動を複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号とを使って推定する手段と、

(e) 周波数誤差による位相補償量を、(d) で推定した位相変動の累乗を計算して推定する手段と、

を具備することを特徴とする復調装置。

【請求項9】 請求項6記載の復調装置において、(b) は初期位相誤差を、複素変調入力信号と複素復調信号の複素乗算として求められた相互相関値と、加算用複素乗算値との複素加算値として推定し、該加算用複素乗算値は(a) で推定された現シンボルの周波数誤差を忘却係数で重み付けしたものと、前シンボルについての該複素加算値とを複素乗算して求められたものであることを特徴とする復調装置。

【請求項10】 請求項6記載の復調装置において、(a) は周波数誤差を極座標を使って推定し、推定された周波数誤差を直交座標を使って出力することを特徴とする復調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、デジタル変調信号を固定発振周波数で乗積検波し、ベースバンド帯で周波数誤差による位相誤差の時間変化を補正する準同期位相検波に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 デジタル変調信号を固定発振周波数で乗積検波する準同期検波は、従来低速のデータ伝送の分野で開発され、デジタル回路の高速化に伴い徐々に高速のデータ伝送において用いられるようになってきた

(大谷、他、「衛星通信用デジタル変復調装置のLSI化」、電子情報通信学会、衛星通信研究会SAT88-7)。その回路構成は図18に示されるものである。

しかし、その回路構成は従来のキャリア同期回路(PLL)をベースバンド帯デジタル信号処理で実現したにすぎないものであった。即ち、搬送波帯複素乗算器1において変調入力信号Sを固定発振器である局部発振器2で乗積検波し、低域フィルタ3で雑音成分を除去した

後、A/D変換器4でディジタル信号に変換してディジタルPLL9に入力している。次に、ディジタルPLL9においては、ディジタル複素乗算器5によって周波数誤差による位相回転を補正した後、位相比較器6において位相誤差を検出し、ループフィルタ7で誤差電圧を積分してディジタルVCO8から帰還をかける。従って、ディジタルPLL9のループ定数であるループフィルタの時定数、ループ利得によって引込時間が決定される。なお、図中、太実線の信号線は複素量の信号線を示し、細実線の信号線はスカラー量の信号線を示す（以下、同じ）。

【0003】一方、バースト信号を対象として、図19に示すような蓄積一括復調方式が提案されている（並木著、「無線短パケット用蓄積一括復調方式」、電子通信学会論文誌'84/1、Vol. J67-B、No. 1、pp. 54-61）。本回路は、バーストを構成するNシンボルの受信信号を図18と同様に搬送波帯複素乗算器1からA/D変換器4において準同期検波した後、初期位相誤差及び周波数誤差全体を最小二乗法で推定し、その推定結果に基づき位相回転を補正するものである。即ち、位相回転補正推定回路10では変調入力信号SをM相位相変調信号とした場合、M倍通倍回路12-1において暫定的な復調信号をM通倍して変調成分を取り除き、一シンボル前までに推定した補正信号をM倍通倍回路12-2でM通倍した複素信号で位相回転を補正し（ディジタル複素乗算器5-2の複素乗算）、推定値修正回路13において現時刻で得た推定値11で一シンボル前の最小二乗推定値を修正する。推定結果は、時系列複素修正生成回路14において初期位相差 θ_0 、周波数誤差 $\delta\omega(n-1)T$ （ $\delta\omega$ は周波数誤差、 n は n 番目のシンボル、 T はシンボル周期）として、 $Z = \exp[-j\{\theta_0 + \delta\omega(n-1)T\}]$ の複素信号に変換される。次に、ディジタル複素乗算器5-1においてメモリ回路11で別途蓄積しておいたビート成分を含む暫定的な復調信号に Z を時系列的に乗算し、最終的な復調信号Dを得ている。

【0004】また別の方法として、線形推定法を用いてキャリアの位相を推定する方法がある（三瓶著「線形2乗推定法を用いた陸上移動通信用QPSK同期検波方式」電子情報通信学会論文誌B-II Vol. J72-B-II、No. 4 pp. 125-132、1989）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の技術による準同期検波回路では、逐次復調であれ蓄積一括復調であれ、引込時間の高速化、信号品質、回路構成の簡易化という観点から多くの欠点を有していた。

【0006】即ち、図18の準同期検波回路では、ディジタルPLL9のループ定数であるループフィルタの時定数、ループ利得によって引込時間が決定されるが、一

般に、高速の引込特性はループの雑音帯域幅を広げることにより得られるため復調信号の品質が劣化する。

【0007】また、図19の準同期検波回路では、動作原理からわかるように、バースト長に応じたメモリ回路と多数の複素乗算及び加算回路が必要となり、回路構成が増大する欠点がある。更に、復調信号を得るまでに最低バースト長の遅延が生じ、即時性の要求されるシステムには適用できない問題点がある。

【0008】また、線形推定法を用いる方法では、構成は簡易であるが、周波数誤差が存在する場合には定常位相誤差が発生し、正しく復調が出来ないという欠点があった。

【0009】本発明は、上記欠点や問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、準同期検波方式で逐次復調を行なう際に初期位相誤差及び周波数誤差（オフセット）により生じる検波位相誤差の時間的変動を高速に推定予測して、正しい復調信号を得る手段を提供することにある。

【0010】

20 【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明は複素変調入力信号から複素復調信号を得るための適応位相制御付き復調方法であって、(a) 複素変調入力信号の周波数誤差を、現シンボルと前シンボルについての複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号とに基づく周波数誤差による一シンボル間の位相変動を使って推定する段階と、(b) 複素変調入力信号の初期位相誤差を、複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号と、(a) で推定した周波数誤差とに基づいて推定する段階と、(c) (a) で推定した周波数誤差と、(b) で推定した初期位相誤差に基づいて決められた最適位相補償を複素変調入力信号に施すことによって複素復調信号を求める段階と、から成ることを特徴とする。

30 【0011】又、本発明は、複素変調入力信号から複素復調信号を得るための適応位相制御付き復調装置であって、(a) 複素変調入力信号の周波数誤差を、現シンボルと前シンボルについての複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号とに基づく周波数誤差による一シンボル間の位相変動を使って推定する手段と、(b) 複素変調入力信号の初期位相誤差を、複素変調入力信号と、(c) で求めた複素復調信号と、(a) で推定した周波数誤差とに基づいて推定する手段と、(c) (a) で推定した周波数誤差と、(b) で推定した初期位相誤差に基づいて決められた最適位相補償を複素変調入力信号に施すことによって複素復調信号を求める手段と、を具備することを特徴とする。

【0012】

【作用】本発明の復調方法及び装置では、受信信号に複素重み付けを行ない、所望信号との差の二乗平均値を最小にするウィナーフィルタを構成し、このウィナーフィルタにおいて入力信号と復調信号の相互相関値の一シン

ボル間の変動に基づいて周波数誤差推定を行ない、その情報に基づいて初期位相誤差推定をし、周波数誤差による位相変動を考慮して位相等化することで周波数オフセットによる定常位相誤差を完全に除去して、正しい復調信号を得る。

【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例を、図面を参照して詳細に説明する。

【0014】図1は本発明の第1の実施例としての位相検波回路の構成を示すブロック図である。図中、太実線の信号線は複素量の信号線を示し、細実線の信号線はスカラー量の信号線を示す（以下、同じ）。Sは復調器の変調入力信号で中心周波数 f_c の被変調波、Dは復調され複素信号であって d_1 は同相信号、 d_2 は直交信号である。1は搬送波帯複素乗算器であり、変調入力信号Sを2の局部発振器（発振周波数は一般に $f_c + \Delta f$ ）で乗積検波し、その乗積検波出力は3の低域フィルタで高調波成分及び雑音成分が除去される。4はA/D変換器であり、暫定的に復調された同相・直交成分をデジタル信号 u_1 、 u_2 に変換する。暫定的な復調信号U（同相信号 u_1 、直交信号 u_2 ）はシンボル周期で生起するサンプル値列であり、以後の演算は全てデジタル形式で行なわれる。

【0015】28は21、22、44、45、46の回路より構成される位相制御回路を示し、ウィナーフィルタを実現した本発明の復調装置の一例である。44は20、29の回路より構成される周波数誤差による位相補正量推定を行う周波数補償回路である。20、21の回路は、それぞれ逐次最小二乗法（RLS法）による周波数誤差による位相変動推定回路、位相誤差推定回路を示し、それぞれ入力信号Uと所望の信号を入力し、さらに21の回路にあっては29の回路出力を入力する。22は入力信号すなわち暫定的な復調信号U及び20、21、29の各回路出力を受けて推定結果に基づく位相等化を行う位相等化回路、45はトレーニング信号発生回路、46は位相変動推定回路20、位相誤差推定回路21に所望の信号としてトレーニング信号と復調信号Dを切り替えて送出するスイッチ回路を示す。トレーニング信号は入力信号Uの周波数誤差が大きい時に、当初復調信号Dの代わりに所望信号として用いられるものであり、不要であれば45、46は省略しても良い。

【0016】図2に16QAM（直交振幅変調波）変調用のRLS法による位相制御回路28の構成例を示す。ただし、同図はトレーニング信号を用いない構成である。同図において、44は20、29の回路により構成され、A/D変換後のサンプル値列の周波数誤差による位相補正量を推定する周波数補償回路である。20は23、24-1、25-1、26-1、30-1の回路より構成され、入力信号Uと復調信号Dとの相互相関値の一シンボル間の変動により、周波数誤差による一シンボ

ル間の位相変動を推定する位相変動推定回路である。30-1は入力信号Uと所望の信号（ここでは復調信号D）との相関演算を行なう複素乗算回路、26-1は複素共役回路を示す。入力信号Uは、複素共役回路26-1を介して複素乗算回路30-1に入力される。

【0017】23は図3に示すように、入力信号（位相変動推定回路20の複素乗算回路30-1出力）を正規化し、一シンボル間の変化を検出し、これを忘却係数 λ_1 で重み付け積算する相関値重み付き積算回路である。

10 同図において35は複素数正規化回路、26-2は複素共役回路、30-5は複素乗算回路、31-1は遅延回路、38a-1は係数付積算回路を示す。複素数正規化回路35の出力 θ'_n は、自己相関値重み付き積算回路24-1へ送出されるとともに、係数付積算回路38a-1を介して25-1の回路へ送出される。係数付積算回路38a-1は図4に示すように複素量の係数付積算回路である。35は図5に示すように、入力複素数信号Aの絶対値を一定にする回路である。同図において、36-1は入力複素数信号の複素乗算回路、37は複素乗算出力の平方根回路、25-3は入力複素数信号Aを平方根回路37の出力信号Bで除算する除算回路である。

【0018】24-1は図6に示すように、複素入力信号の自己相関値を忘却係数 λ_2 で重み付け積算する自己相関値重み付き積算回路であり、出力 Φ'_n としてスカラー量が得られる。同図において36-2は複素乗算回路、38bは複素乗算回路36-2の出力を入力とする係数付積算回路である。係数付積算回路38bは図7に示すようにスカラー量の係数付積算回路である。同図において、32-2は加算回路、31-3は遅延回路、34-2は重み付け回路であって、加算回路33-2は、入力に自己の出力を重み付け回路34-2、遅延回路31-3を通して加算する。

【0019】図2の位相変動推定回路20における25-1は、相関値重み付き積算回路23の出力 θ'_n を自己相関値重み付き積算回路24-1の出力 Φ'_n で除算する除算回路を示す。

【0020】29は図8に示すように、入力信号を累乗する累積回路である。同図において、30-6は複素乗算回路、31-4は遅延回路、26-3は複素共役回路を示し、複素乗算回路30-6は、その出力を遅延回路31-4を通して入力し、入力信号を累乗する。累積出力は、複素共役回路26-3を通して21、22の回路へ出力される。

【0021】21は27、24-2、25-2の回路より構成され、推定した周波数誤差情報に基づき初期位相誤差を推定する位相誤差推定回路である。24-2は先に図6に示した自己相関値重み付き積算回路24-1と同じであり、入力信号Uを入力し、出力 Φ_n を得る。25-2は回路27の出力 θ_n を自己相関値重み付き積算回路24-2の出力 Φ_n で除算する除算回路である。2

7は図9に示すように二入力信号間の相互相関値を求め、これを忘却係数 λ_1 で重み付け積算する相互相関値重み付き積算回路である。同図において、30-7は複素乗算回路、38a-2は複素量の係数付積算回路である。複素乗算回路30-7には、位相変動推定回路20の複素乗算回路30-1出力と、累積回路29出力が入力される。

【0022】22は累積回路29の出力である推定周波数誤差による位相補償量と位相変動推定回路20（除算回路25-1）の出力である一シンボル間の位相変動量と位相誤差推定回路21の出力である推定期位相誤差を複素乗算することで入力信号に対する位相補償量を求め、これを入力信号Uに複素乗算することで位相等化を行なう位相等化回路である。これらの複素乗算は図2の3つの複素乗算回路30-2、30-3、30-4でなされる。32は識別回路を示す。この識別回路32から復調信号Dが出力される。

【0023】以上の構成において、位相変動推定回路20は、入力信号Uと復調信号Dとの相関値を複素乗算回路30-1より求め、相関結果に基づいて周波数誤差による一シンボル間の移動変動を推定する。次に、この出力から累積回路29により周波数誤差による位相補正量を求め、位相誤差推定回路21に出力する。位相誤差推定回路21では、推定周波数誤差情報に基づいて入力信号の初期位相誤差を推定する。位相等化回路22では、周波数誤差による推定位相補正量と一シンボル間の位相変動量を乗算し、周波数誤差による予測位相補償量とし、更に初期位相誤差を乗算して最適位相補正量を求め、入力信号Uに最適位相補償を施し、復調信号Dを得る。

【0024】この構成は、より多値の変調にも適用可能である。またPSK（デジタル位相変調）変調に適用した場合にはナイキスト点における入力信号レベルが一定であるため、自己相関値重み付き積算回路24-1、24-2における正規化回路なしに実現可能である。

【0025】以上のように構成した第1の実施例の動作および作用を述べる。

【0026】本発明は、入力信号に複素重み付けを行ない、所望信号との差の二乗平均値を最小にするウィナーフィルタにおいて入力信号と復調信号の相互相関値の一シンボル間の変動に基づいて周波数誤差推定を行ない、その情報に基づいて初期位相誤差推定をすることを特徴とする。

【0027】ウィナーフィルタによって検波位相誤差を推定し、暫定的な復調信号を補正して最適な（誤差の二乗平均が最小という意味で）復調信号を逐次的に得るには、特願平3-160672号で示したように、入力信号と所望信号の相互相関値を忘却係数で重み付けをして積算した信号1、入力信号の自己相関値を同じ忘却係数

で重み付けをして積算した信号2から、（信号1/信号2）によって得られる複素信号（最小二乗推定値）を入力信号に複素乗算する、いわゆる逐次最小二乗法（RLS）の適用が可能である。しかし、本手法は遅延検波に適用した場合のように誤差信号の平均値が零、即ち不偏性の成立することが必要条件となる。準同期検波の場合には、検波位相誤差の時間変動、つまりキャリア間の周波数誤差によって不偏性が成立せず、RLSによる補正結果は定常位相誤差を伴う。

- 10 【0028】そこで、入力信号と正しい復調信号の相互相関値の一シンボル間の変動量が周波数誤差による位相変動に等しいことを利用し、位相変動推定回路20により相互相関値の一シンボル間の変動量を推定する。次に、推定量を累乗することで周波数誤差による位相誤差を求め、入力信号に掛け合わせることで周波数誤差による影響を取り除き、その後で位相誤差推定回路21により初期位相誤差を推定する。最後に、推定周波数誤差による位相補正量に現時刻での位相変動量を複素乗算することで次のシンボルの周波数誤差による位相補正量とする。
- 20 これに推定期位相誤差を掛け合わせて次のシンボルの最適位相補正量を得る。この推定回路にRLS法を用いる。

【0029】本実施例は従来の手法とは異なり、入力信号と所望の信号との相互相関値の変動より周波数誤差推定し、周波数誤差による位相変動を考慮して位相等化することで周波数オフセットによる定常位相誤差を完全に除去することが可能となっている。

- 【0030】次に、本発明の第2の実施例を説明する。本実施例は図1の第1の実施例における位相制御回路に
- 30 LMS（最小二乗平均法）法を適用した場合の構成例であり、図10のブロック図で示される。同図において、44B、21Bはそれぞれ周波数誤差による位相補償量をLMS法により推定する周波数補償回路、初期位相誤差推定をする位相誤差推定回路である。周波数補償回路44Bは、20B、29の回路より構成される。20Bは41、38a-3、30-1、26-1の回路より構成され、入力信号Uの一シンボル間の周波数変動による位相変動量を推定する位相変動推定回路である。30-1は複素乗算回路、26-1は複素共役回路を示す。
- 40 38a-3は図4で説明した複素量の係数付積算回路38a-1と同じである。入力信号Uは複素共役回路26-1を通して複素乗算回路30-1の一方に入力され、その他方には復調信号Dが入力される。

- 【0031】41は図11の示すように、一シンボル間の位相変動を検出する周波数誤差検出回路である。同図において26-4は複素共役回路、30-8は複素乗算回路、31-5は遅延回路、43-1は減算回路である。図10の位相変動推定回路20Bにおける複素乗算回路30-1の出力は、本回路41の複素乗算回路30-8に入力されるとともに、複素共役回路26-4、遅
- 50

延回路31-5を介して減算回路43-1に入力される。また、減算回路43-1には、本回路41の複素乗算回路30-8の出力が入力される。周波数誤差検出回路41の出力は位相変動推定回路20Bの係数付積算回路38a-3を通し、29の回路へ出力される。

【0032】29は図8に示した累積回路である。累積回路29の出力は21B、22の回路へ送出される。21Bは42、38a-4の回路で構成され、周波数誤差が取り除かれた信号の初期位相誤差を推定する位相誤差推定回路である。22は図2で説明した位相等化回路である。42は図12に示すように、入力信号の推定周波数誤差情報を基に出力信号の初期位相誤差を検出する位相誤差検出回路である。同図において、26-5は複素共役回路、30-9、30-10は複素乗算回路、43-2は減算回路を示す。入力信号Uおよび累積回路29の出力は一つの複素乗算回路30-9に入力され、その出力と係数付積算回路38a-4の出力がもう一つの複素乗算回路30-10に入力され、その出力が複素共役回路26-5を通して減算回路43-2に入力される。一方、減算回路43-2には復調信号Dが入力され、その出力は位相等化回路22へ入力される。

【0033】本実施例では、第1の実施例と同様に入力信号と復調信号との相互相関値を複素乗算回路30-1より求め、その出力に基づき周波数誤差による一シンボル間の位相変動を位相変動推定回路20Bにより求め、その出力が累積回路29を経て位相誤差推定回路21Bに入力され、推定周波数誤差情報を基に入力信号の初期位相誤差を求める。位相変動推定回路20Bと累積回路29と位相誤差推定回路21Bの出力結果に基づき、位相等化回路22により入力信号Uの位相補償を行ない復調信号Dを得る。

【0034】次に本発明の第3の実施例を説明する。本実施例は図1の第1の実施例における位相制御回路を簡略化したものであり、その構成は図13のブロック図に示すものである。同図において、44C、21Cはそれぞれ逐次最小二乗法(RLS法)による周波数誤差による周波数補償回路、位相誤差推定回路であるが、周波数補償回路44Cは第1の実施例の44と異なり累積回路29を含まない上、相関値重み付き積算回路23Bは第1の実施例の23と異なり複素数正規化回路35を含まず、複素数正規化回路35は除算回路25-1の出力側に設けられている。従って相関値重み付き積算回路23Bは図14に示す構成となる。

【0035】更に、位相誤差推定回路21Cは第1の実施例の21と異なり相互相関値重み付き積算回路27Bは、図15に示す構成を有する。即ち、相互相関値重み付き積算回路27Bは図14に示すように二入力信号間の相互相関値を求め、これを忘却係数 λ_d で重み付け積算する相互相関値重み付き積算回路であって、同図において34-3は重み付け回路、30-11は複素乗算回

路、33-3は加算回路、31-06は遅延回路である。加算回路33-3には位相変動推定回路20Cの複素乗算回路30-1の出力が入力され、重み付け回路34-3には複素数正規化回路35の出力が入力される。ここで忘却係数 λ_s は上記の λ_1 や λ_2 と同じ値でも異なる値でも良い。

【0036】更に、位相等化回路22Bは第1の実施例の22と異なり複素乗算回路30-2が省略され、複素乗算回路30-3において周波数補償回路44Cの出力と位相誤差推定回路21Cの出力とが複素乗算される構成となっている。

【0037】この第3の実施例においては、上記第1の実施例と同様の手法を用いて複素入力信号Uと復調信号Dの相互相関値の一シンボル間の変動に基づいて周波数誤差推定を行なうが、第1の実施例とは異なり、次にこの一シンボル間の推定された周波数誤差に位相推定のための忘却係数をかけ合わせ、その出力結果を係数とする係数付き積算を27Bで行ない、この出力信号を除算回路25-2により除算することにより位相誤差を推定する。この位相誤差に状態遷移項である周波数誤差項を掛け合わせ、周波数誤差補正も考慮した正確な位相補正が実現できる。

【0038】従って、この第3の実施例では、上記第1の実施例と同様の周波数補償の効果に加えて、累積回路29が不要となり、かつ位相等化回路22Bでは複素乗算の回数を低減でき、回路規模が低減できるという利点がある。

【0039】次に本発明の第4の実施例を説明する。本実施例は、図1の第1の実施例における周波数補償回路を極座標を用いることで簡略化したものであり、この第4の実施例では周波数補償回路44Dは図16に示す構成を有する。

【0040】この周波数補償回路44Dではまず位相変動推定回路20Dにおいて複素数正規化回路35の出力を極座標変換して位相角を求める極座標変換メモリ回路50を有し、この位相角を使って加算回路33-4と遅延回路31-7から成る積算回路51で一シンボル間の位相変動を算出する。次にこの位相変動値を係数付き積算回路38a-1で積算した後、定数値を入力とする係数付き積算回路38bの積算結果によりこれを除算回路25-1において除算して平均化操作を実現することで、正確な位相変動推定を行う。

【0041】次に位相変動推定回路20Dの出力を直交座標変換メモリ回路56-1で直交座標変換した後、位相等化回路22へ出力する一方、加算回路33-5と遅延回路31-8から成る積算回路55で積算して累積値を得てからこの累積値を直交座標変換メモリ回路56-2で直交座標変換して位相誤差推定回路21へ出力する。

【0042】上記第1の実施例においては周波数補償回

路44を複数の複素乗算器により実現していたが、複素乗算器はLSIチップ上で大きな面積を占有するため、多数の複素乗算器の使用は回路規模を著しく増大させるという問題がある。これに対しこの第4の実施例では周波数補償回路44Dを極座標を使って実現することにより、用いる複素乗算器は一つだけになり回路構成が簡易になるという利点がある。

【0043】次に本発明の第5の実施例を説明する。本実施例は上記第4の実施例の周波数補償回路を更に簡略化したものであり、この第5の実施例では周波数補償回路44Eは図17に示す構成を有する。

【0044】この周波数補償回路44Eは、上記第4の実施例の周波数補償回路44Dにおける係数付き積算回路38bで求める積算値の逆数を予め記憶するメモリ58で係数付き積算回路38bを置換え、係数付き積算回路38a-1の出力とこのメモリ58の出力とを乗算する複素乗算回路30-12で除算回路25-1を置換えた構成となっている。

【0045】この第5の実施例では、メモリ58の方が係数付き積算回路38bよりも小規模に出来る上、乗算回路30-12の方が除算回路25-1よりも小規模に出来るので、周波数補償回路の構成を上記第4の実施例よりも更に簡略化出来る。

【0046】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明の復調方法及び装置は、従来技術とは異なり、正しい復調信号が得られれば、逐次的な方法により正確に周波数誤差が推定できる。従って、周波数誤差情報を考慮して位相補償を行なうことで定常位相誤差が除去できるため、周波数誤差の存在下においてもデータを正しく復調できるという利点がある。

【0047】さらに、周波数誤差推定にRLS法のように初期収束特性の優れた構成を適用することで、周波数誤差の存在下においても高速の引込が可能となる利点がある。

【0048】又、バースト信号を伝送する時分割伝送(TDM)における復調に適用可能であり、特に伝送レートが遅い低帯域伝送において有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例である準同期位相検波回路の全体構成を示すブロック図。

【図2】上記第1の実施例で用いる位相制御回路のブロック図(RLS)。

【図3】上記第1の実施例で用いる位相変動推定回路の相関値重み付き積算回路のブロック図。

【図4】上記第1の実施例で用いる係数付積算回路(複素量)のブロック図。

【図5】上記第1の実施例で用いる複素数正規化回路のブロック図。

【図6】上記第1の実施例で用いる自己相関値重み付き

積算回路のブロック図。

【図7】上記第1の実施例で用いる係数付積算回路(スカラー量)のブロック図。

【図8】上記第1の実施例で用いる累積回路のブロック図。

【図9】上記第1の実施例で用いる相互相関値重み付き積算回路のブロック図。

【図10】本発明の第2の実施例に用いる位相制御回路のブロック図(LMS)。

10 【図11】上記第2の実施例で用いる周波数誤差検出回路のブロック図。

【図12】上記第2の実施例で用いる位相誤差検出回路のブロック図。

【図13】本発明の第3の実施例に用いる位相制御回路のブロック図。

【図14】上記第3の実施例で用いる相関値重み付き積算回路のブロック図。

【図15】上記第3の実施例で用いる相互相関値重み付き積算回路のブロック図。

20 【図16】本発明の第4の実施例に用いる位相制御回路の周波数補償回路のブロック図。

【図17】本発明の第5の実施例に用いる位相制御回路の周波数補償回路のブロック図。

【図18】従来の準同期位相検波回路のブロック図。

【図19】従来の他の準同期位相検波回路のブロック図。

【図20】上記従来の他の準同期位相検波回路に用いる位相回転補正推定回路のブロック図。

【符号の説明】

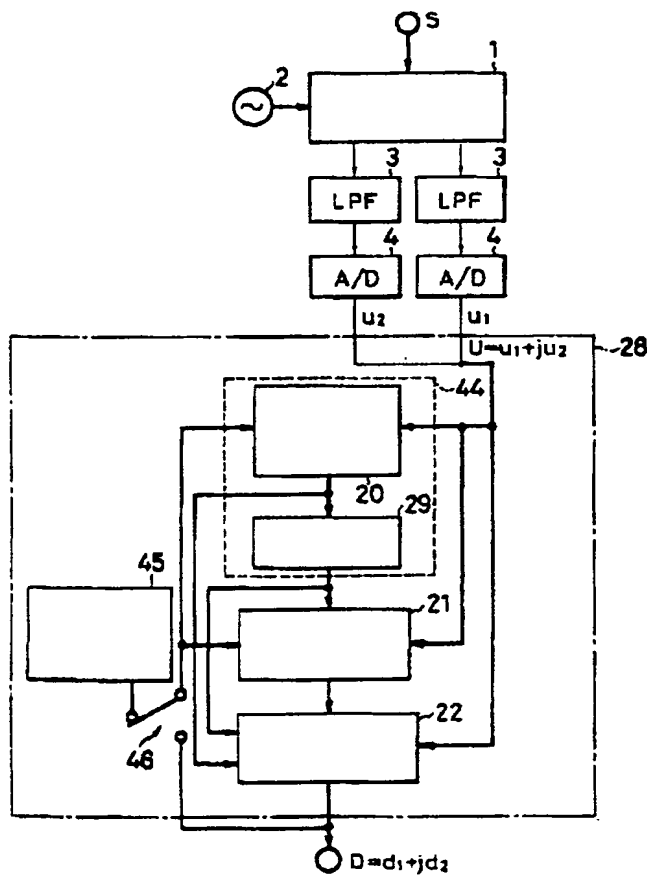
- 30 1 搬送波帯複素乗算器
2 局部発振器
3 低域フィルタ
4 A/D変換器
20, 20B, 20C, 20D, 20E 位相変動推定回路
21, 21B, 21C 位相誤差推定回路
22, 22B 位相等化回路
23, 23B 位相変動推定回路における相関値重み付き積算回路
40 24-1, 24-2 自己相関値重み付き回路
25-1~25-3 除算回路
26-1~26-5 複素共役回路
27, 27B 相関値重み付き積算回路
28, 28B, 28C 位相制御回路
29 累積回路
30-1~30-12 複素乗算回路
31-1~31-8 一シンボル遅延回路
32 識別回路
33-1~33-5 加算回路
50 34-1~34-3 重み付け回路

- 35 複素数正規化回路
 36-1~36-2 複素乗算回路
 37 平方根回路
 38a-1, 38a-4 係数付積算回路 (複素量)
 38b 係数付積算回路 (スカラー量)
 39 位相変動推定回路 (LMS)
 40 位相誤差推定回路 (LMS)
 41 周波数誤差検出回路
 42 位相誤差検出回路
 43-1, 43-2 減算回路
 44, 44B, 44C, 44D, 44E 周波数補償回

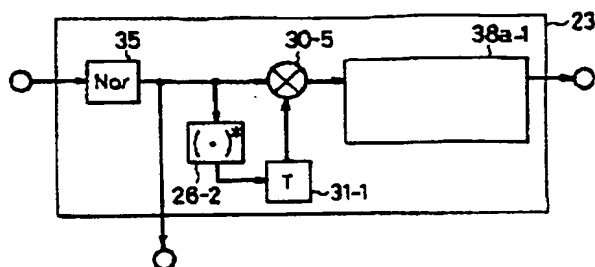
路

- 45 トレーニング信号発生回路
 46 スイッチ回路
 50 極座標変換メモリ回路
 51 積算回路
 55 積算回路
 56-1, 56-2 直交座標変換メモリ回路
 58 メモリ回路
 S 変調入力信号
 10 D 最終的な復調信号 (d_1 同相信号, d_2 直交信号)
 U 暫定的な復調信号 (u_1 同相信号, u_2 直交信号)

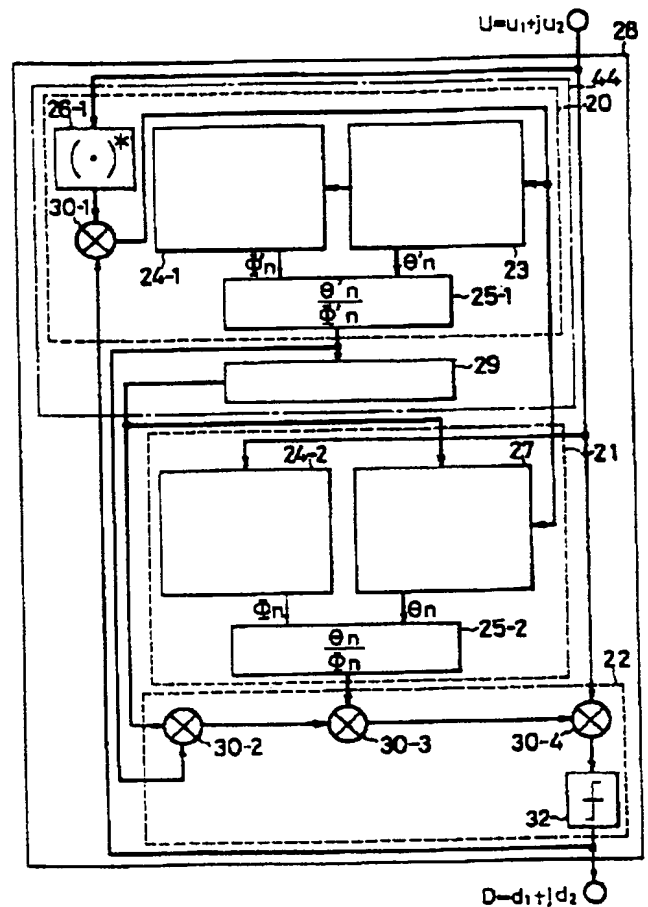
【図1】



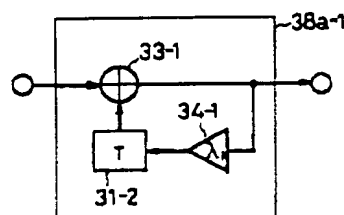
【図3】



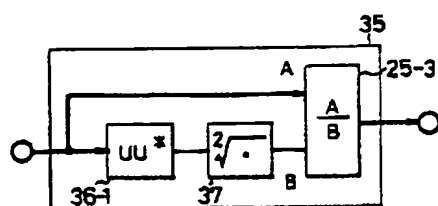
【図2】



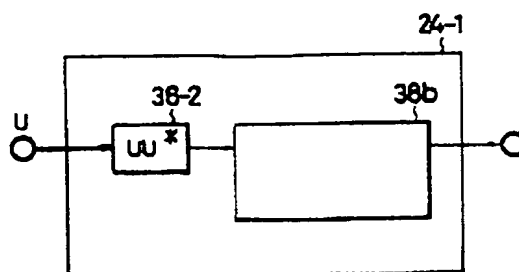
【図4】



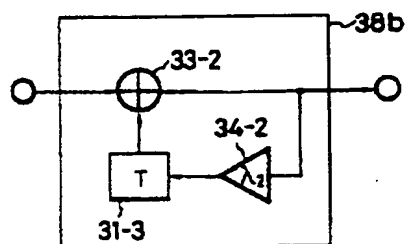
【図5】



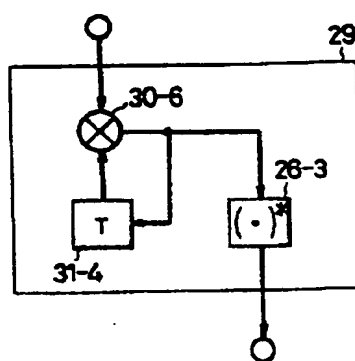
【図6】



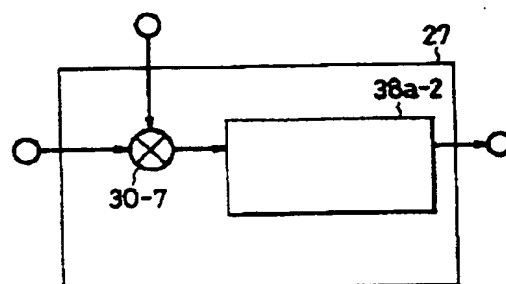
【図7】



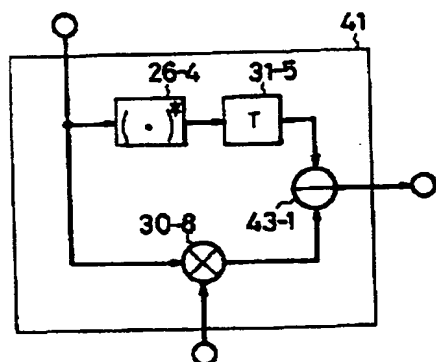
【図8】



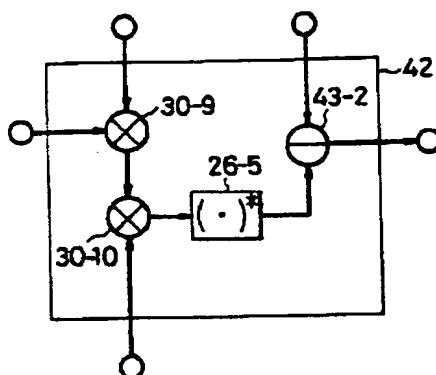
【図9】



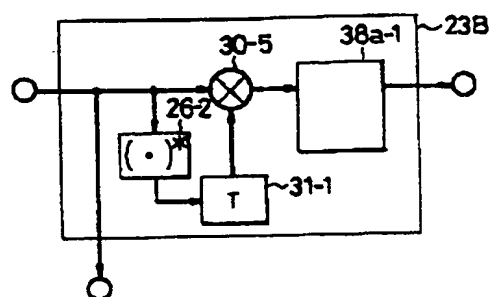
【図11】



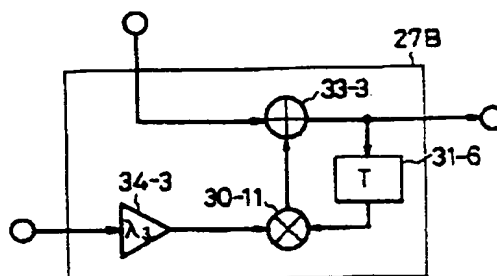
【図12】



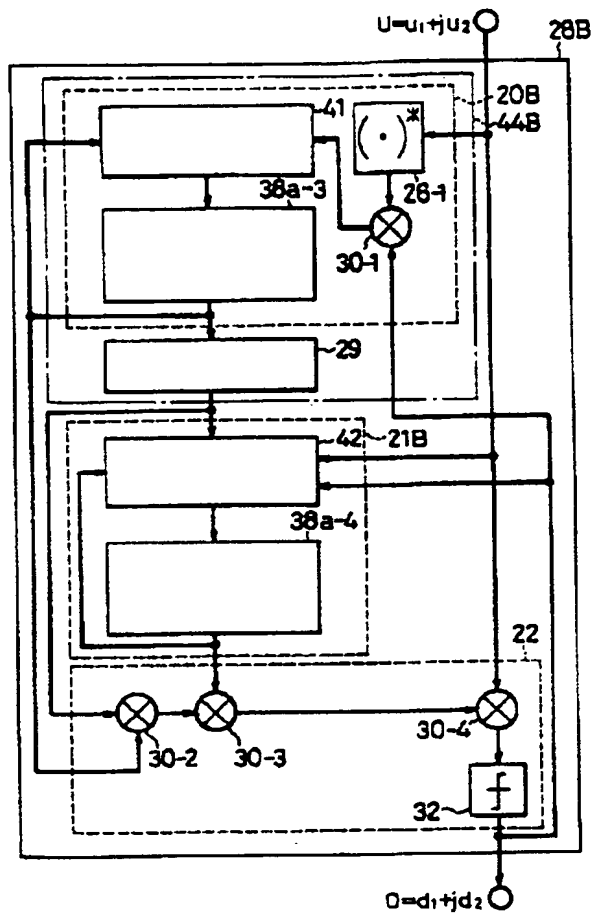
【図14】



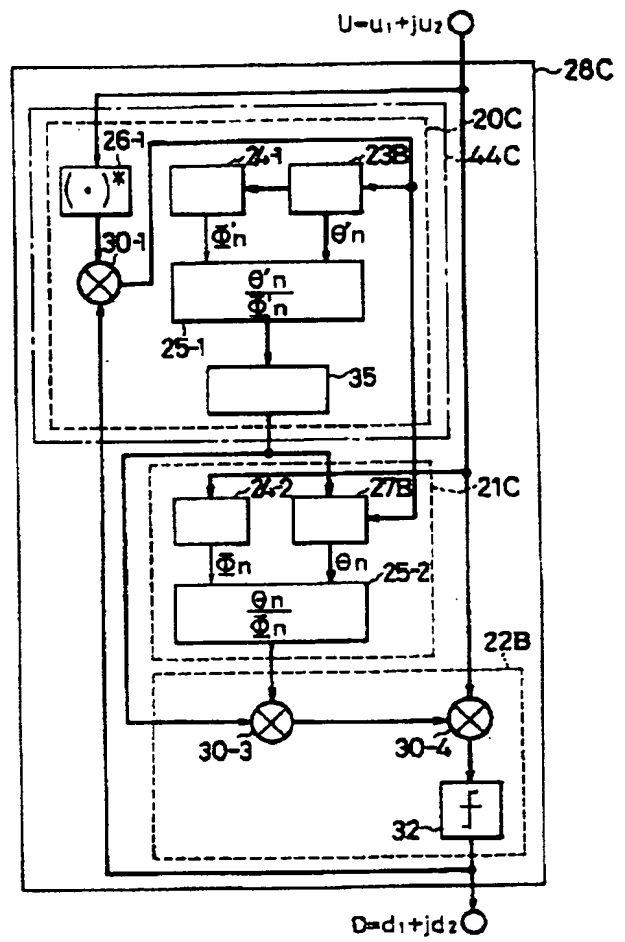
40 【図15】



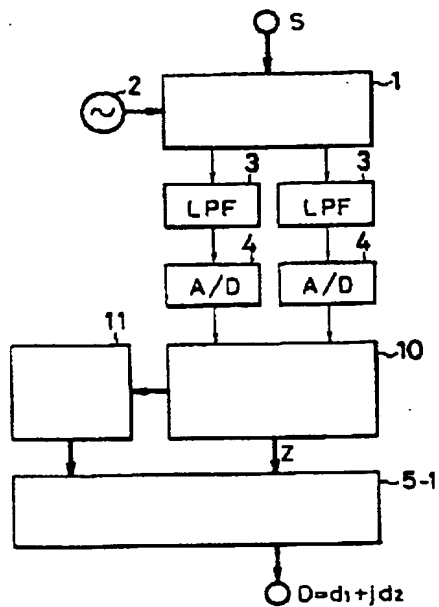
【図10】



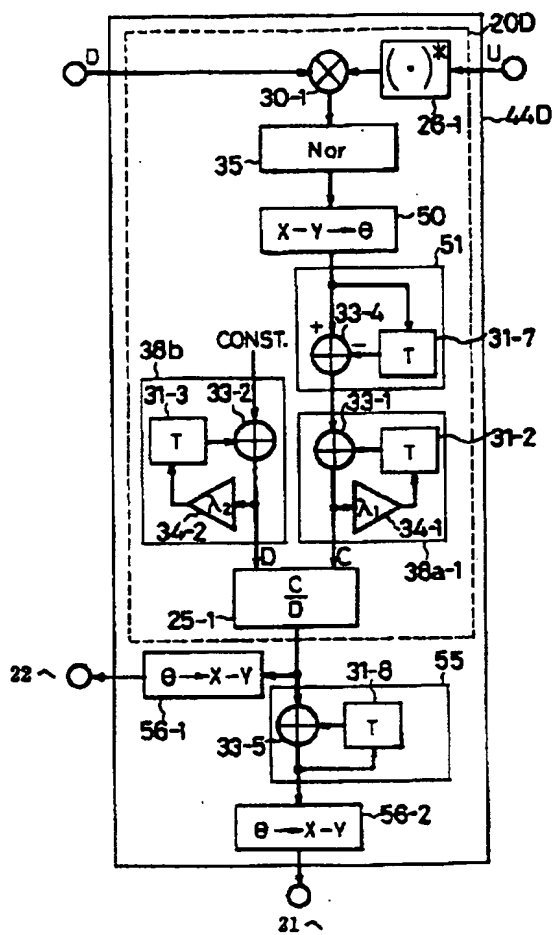
【図13】



【図19】



【図16】



【図17】

